



L'automobile sans carburants fossiles Utopie ou scénario nécessaire ?

L'automobile aujourd'hui

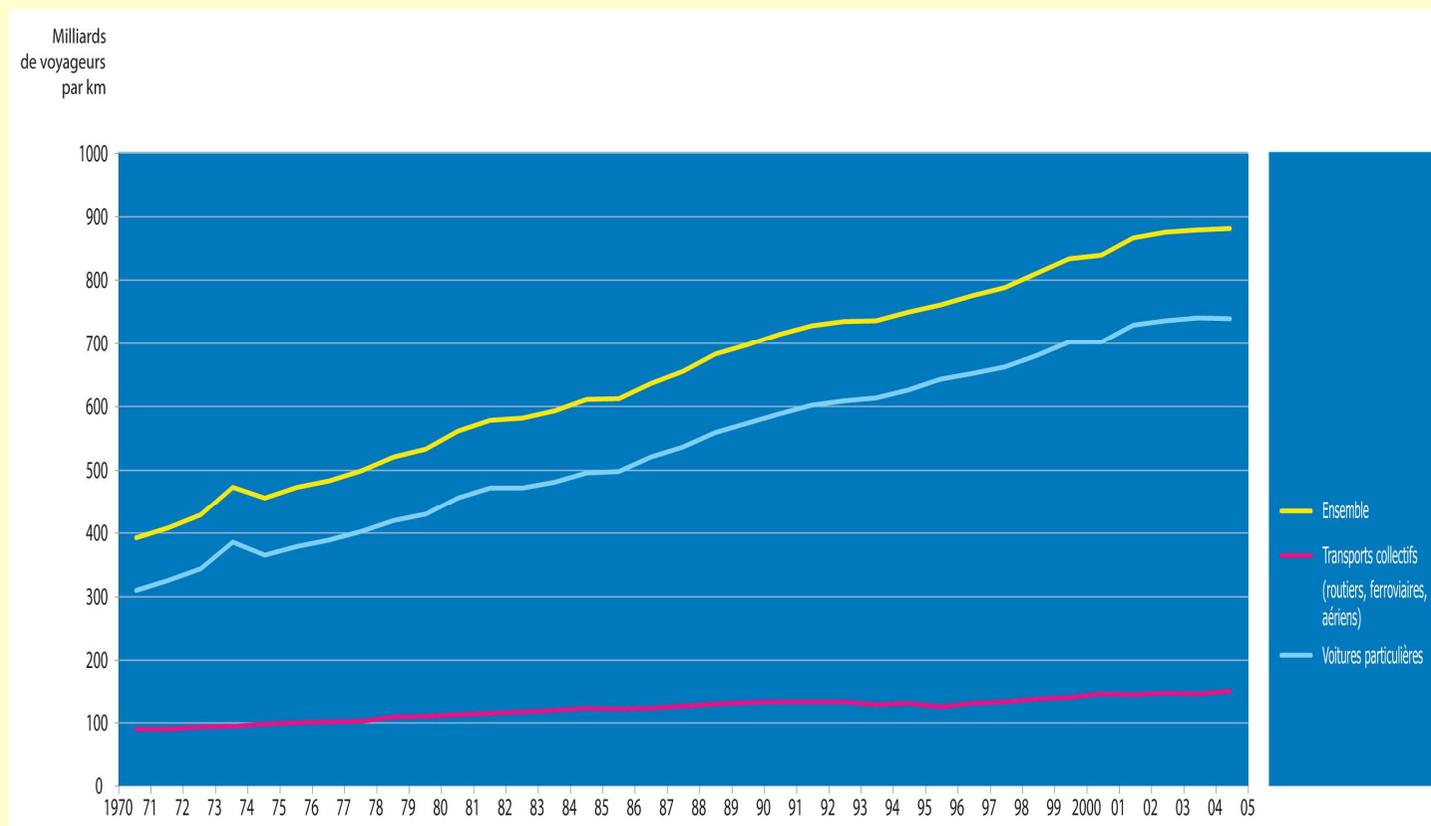
Trois clés d'analyse prospective

1. Evolution du parc mondial de véhicules
2. Technologies thermiques et électriques
3. Consommations d'énergie et émissions de CO₂

L'automobile aujourd'hui

Une révolution des modes de vie

82% des voyageurs x kilomètres annuels



Le transport routier aujourd'hui

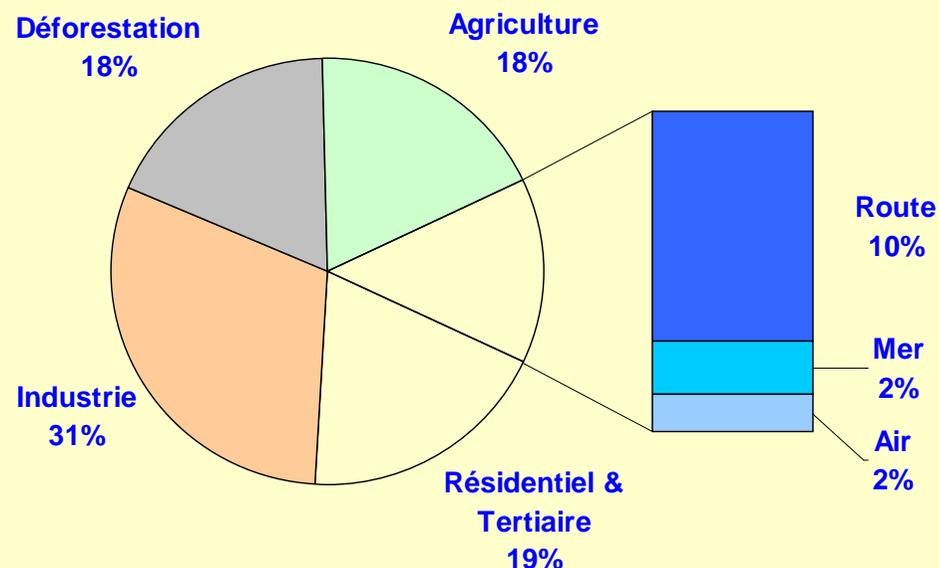
10% des émissions mondiales de gaz à effet de serre

limiter les gaz à effet de serre au niveau mondial

- Monde : préparation de l'étape post-Copenhague
- Europe : diminution de 20% à l'horizon 2020
- France : revenir en 2020 au niveau de 1990 (pour le transport), = baisse de 20%
- Horizon 2050 : le facteur 4

Les émissions de gaz à effet de serre dans le monde en 2004 :

49 milliards de tonnes de CO₂ équivalent, dont : CO₂ 77%, méthane 14%, oxyde nitreux 8%, fluoro-carbones 1%



L'automobile aujourd'hui

Un produit conçu pour la longue distance

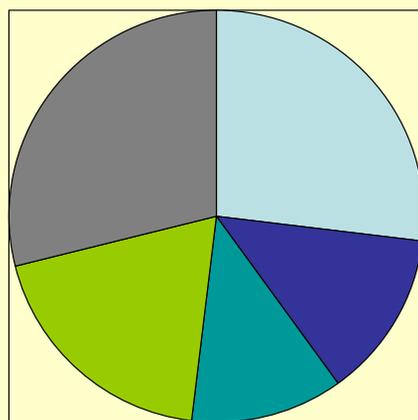
Un usage massif pour trajets de proximité

En moyenne, par semaine :

- 19 trajets, 220 km
- 5h30 d'usage
- 1,6 personnes / trajet
- 34 km / h porte à porte

En moyenne dans l'année :

- Environ 1000 trajets
- dont 10 trajets > 100 km
 - 5 voyages
 - soit 25 % des km

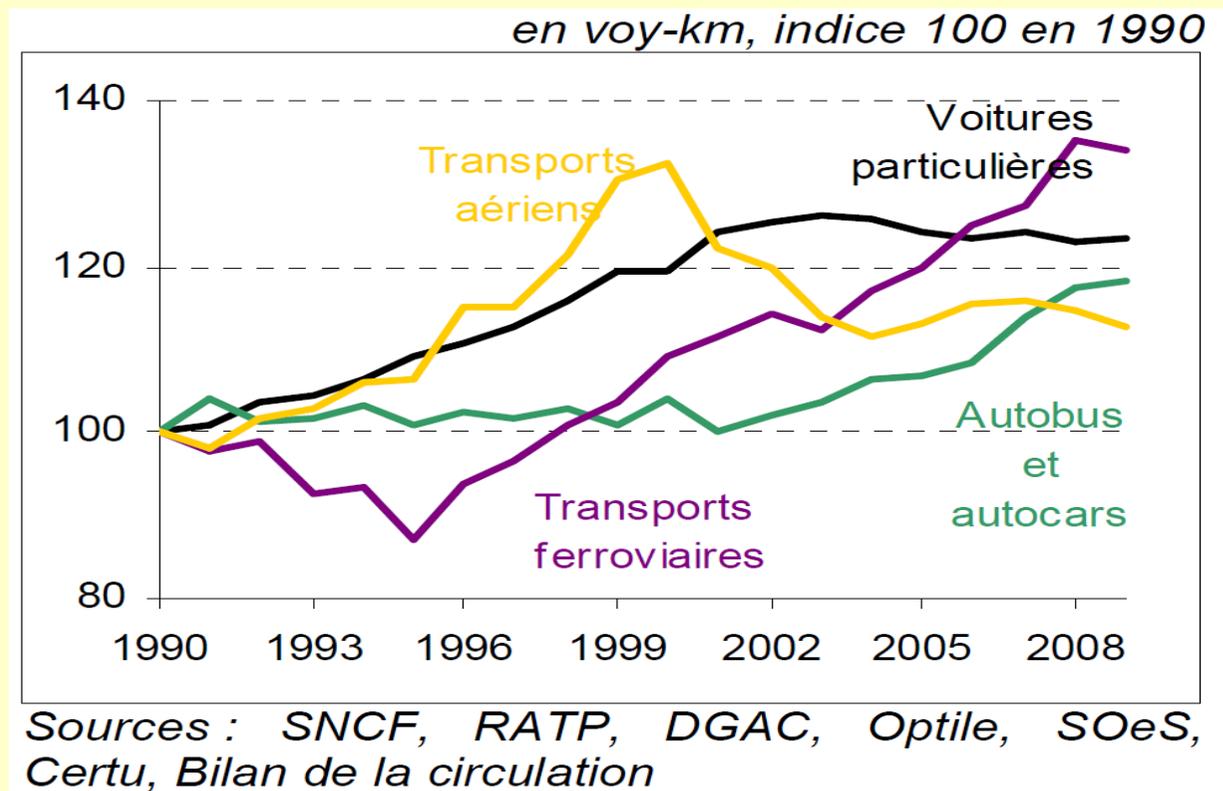


Répartition des kilomètres

L'automobile aujourd'hui - Pays développés :

Un marché mature : 600 à 800 véh. / 1000 habitants
Une circulation automobile stabilisée

La mobilité automobile a cessé d'augmenter en France depuis 2002



L'automobile aujourd'hui

Pays en croissance : des véhicules et des modes d'usage différents



**Mumbai (Inde) : 59 000 taxis
98 000 auto-rickshaws**

**Mexico : parts modales (2000)
Taxis collectifs : 55%
bus: 9%; métro : 15% ; VP: 16%**



1. Parc mondial de véhicules :

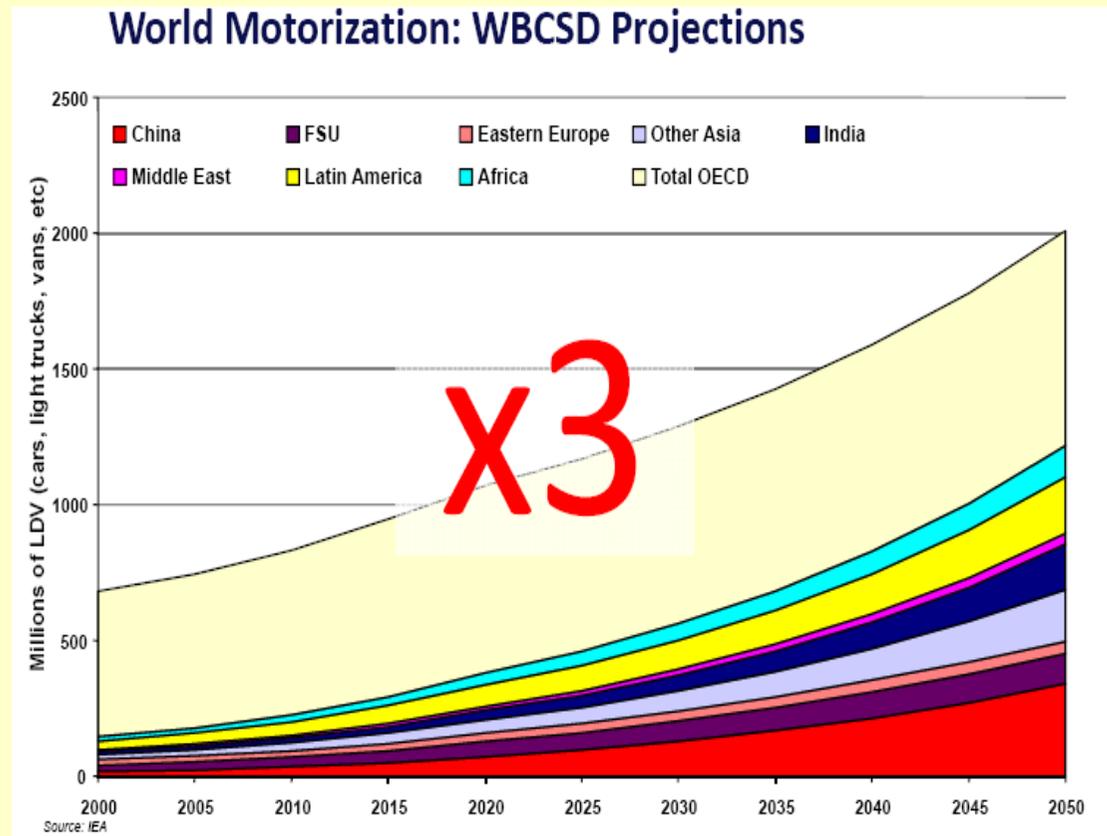
Evolutions possibles ou probables

- **Selon les territoires** : Chine, Inde, USA, Europe, Japon... perspectives de renouvellement ou de développement du parc
- **Selon les types de véhicules** : encombrement, budget des ménages (du vélo à la voiture électrique)
- **Selon les choix politiques, les motivations** : préférence pour les véhicules électriques (Chine, Israël...) et facilités publiques

1. Evolutions du parc de véhicules :

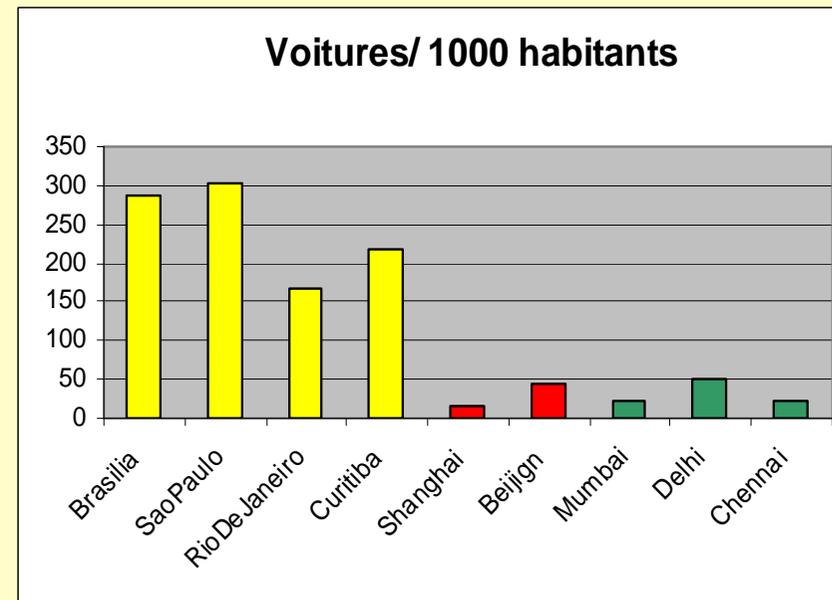
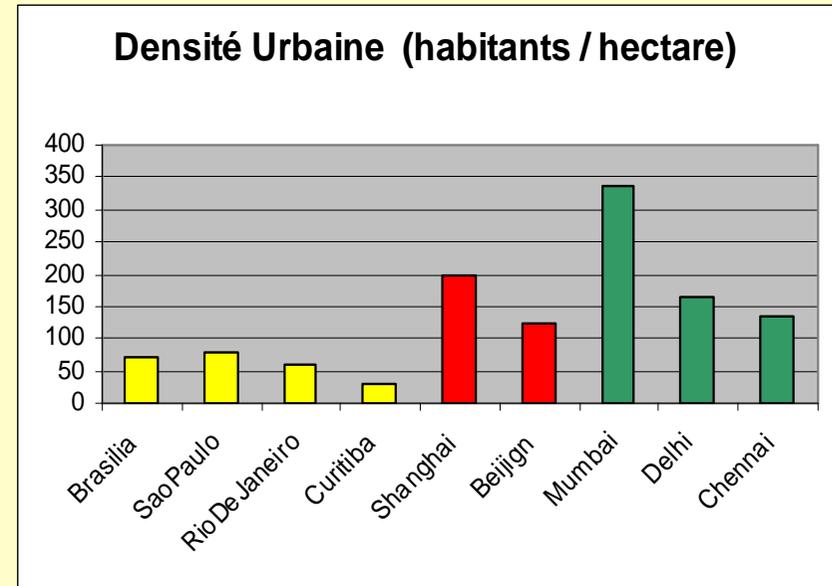
11. Selon les territoires

- **Explosion probable de la motorisation dans les pays émergents**
- **Stabilité dans les pays de l'OCDE**



1. Evolution du parc de véhicules

12. Selon les densités urbaines



1. Evolutions du parc de véhicules :

13. Selon les types de véhicules

La petite voiture 2 places



Des petits véhicules adaptés aux mobilités de proximité

Le vélo à assistance électrique



Le deux roues motorisé

1. Parc mondial de véhicules :

Contrastes entre :

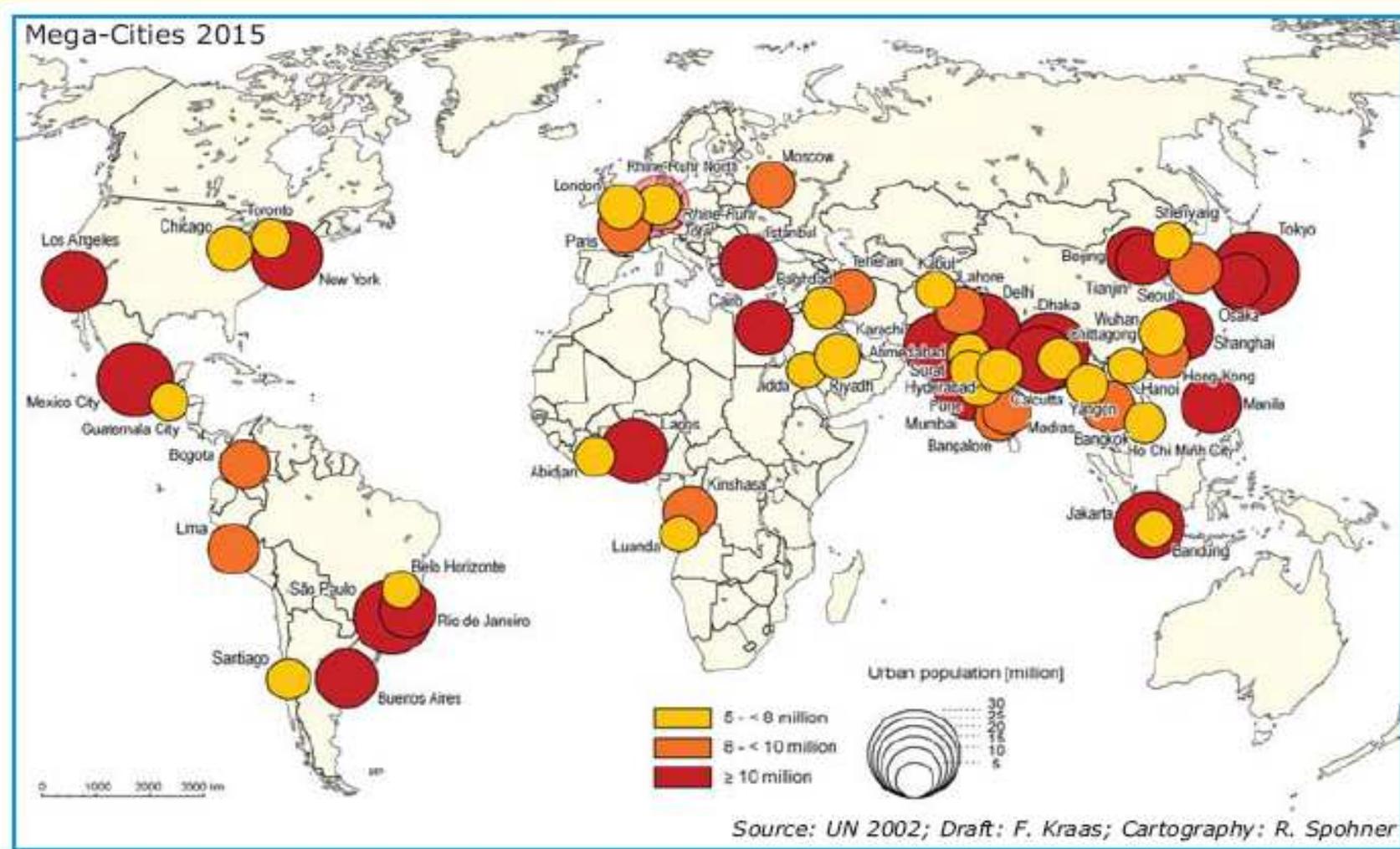
Pays développés

- Revenus élevés, mais croissance ralentie
- Urbanisation développée, à faible croissance
- Population stable, et vieillissante
- Motorisation élevée, à peu près stabilisée
- Modèle contraignant de dépendance automobile

Pays émergents

- Revenus bas, mais à forte croissance
- Urbanisation massive, émergence de mégalofoles
- Population jeune, en forte croissance
- Motorisation faible, en forte croissance
- Autres modèles de mobilité possibles

Mégalopoles : de nouvelles formes de mobilité à inventer



2. Choix technologiques :

21. Options sur le véhicule

- **Les marchés automobiles** : voiture pas chère, haut de gamme, multi-usage ou voiture « propre » ?
- **Les motorisations thermiques** vont-elles voir apparaître en série un autre type de matériel en totale rupture dès 2020, voire avant : batteries, piles à combustible ?
- **Les hybrides** : plus coûteux ? Un usage mixte, urbain et long trajets ?
- **Les hybrides rechargeables** : cumul des avantages ou des inconvénients ?
- **Les tout-électriques** : coût, autonomie, recharge...

2. Choix technologiques :

22. Interrogations sur les carburants

- Il reste du pétrole, du gaz, du charbon, des hydrates de méthane... oui mais CO2 issu de fossiles...
- Les carburants issus de la biomasse (1^{ère} et surtout 2^{ème} générations), ? oui, mais surfaces utiles et prix de revient (énergie dépensée pour les transformations)
- Hydrogène non issu de fossile ? en dernier ressort
- Problèmes des filières (production, distribution, stockage...)

2. Choix technologiques :

23. Motorisations thermiques : progrès rapides

- Améliorations de la combustion (aérodynamique interne, pressions d'injections,...)
- Lois de levée des soupapes
- Nouveaux concepts de combustion (CAI, HCCI)
- Système camless
- Moteur à taux de compression variable
- Downsizing des moteurs

D'où un gain potentiel de 15 à 30 %, suivant l'usage...

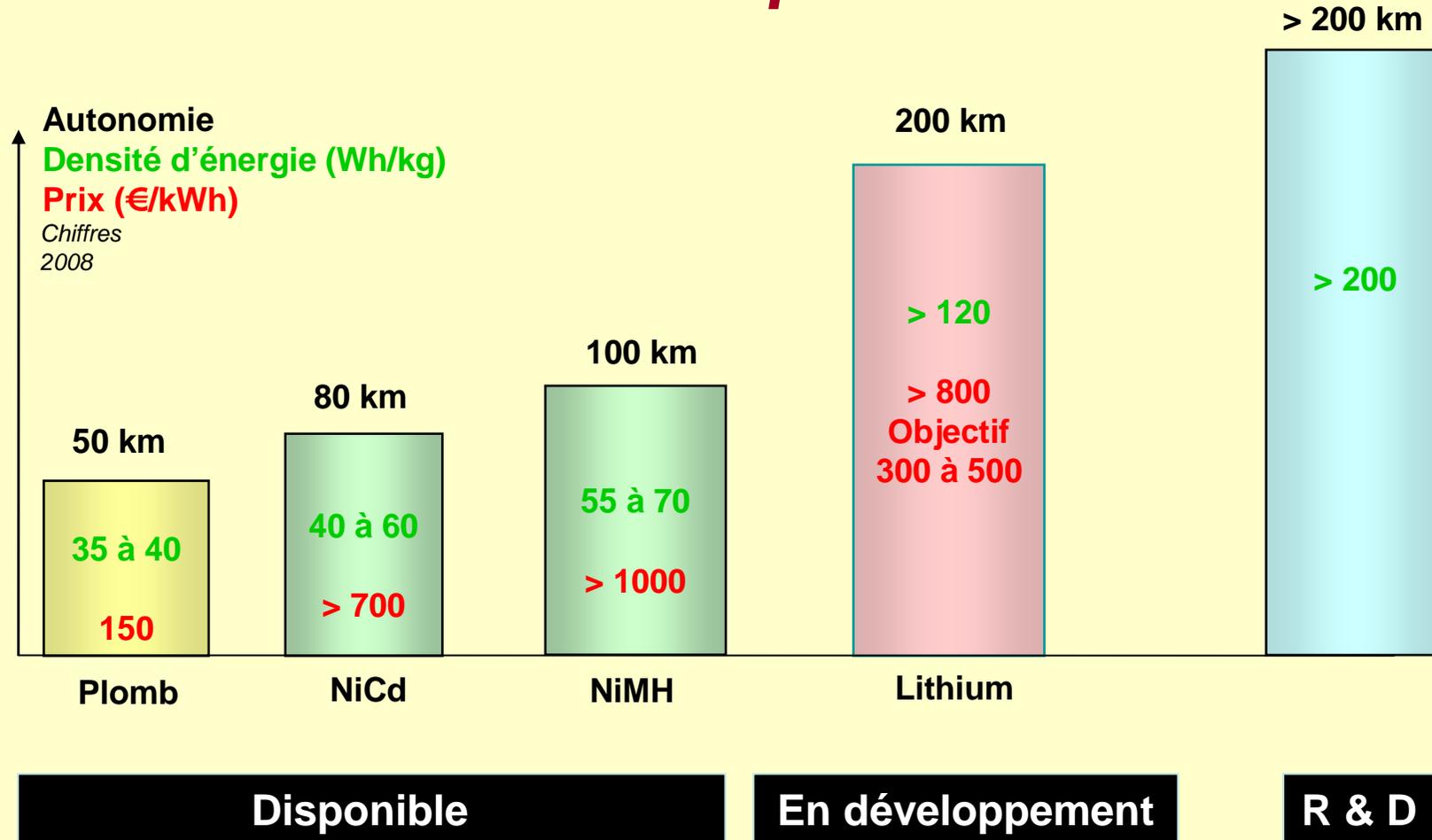
2. Choix technologiques :

24. Voiture électrique : les questions clés

- **Des problèmes de batteries surmontables, mais il faut trouver le bon modèle économique de localisation / recharge**
- **L'investissement nécessaire dans un réseau de recharge**
- **Une couverture inégale du marché : voiture de ville, de travail, de livraisons, de longs trajets (hybride) ...**

2. Choix technologiques :

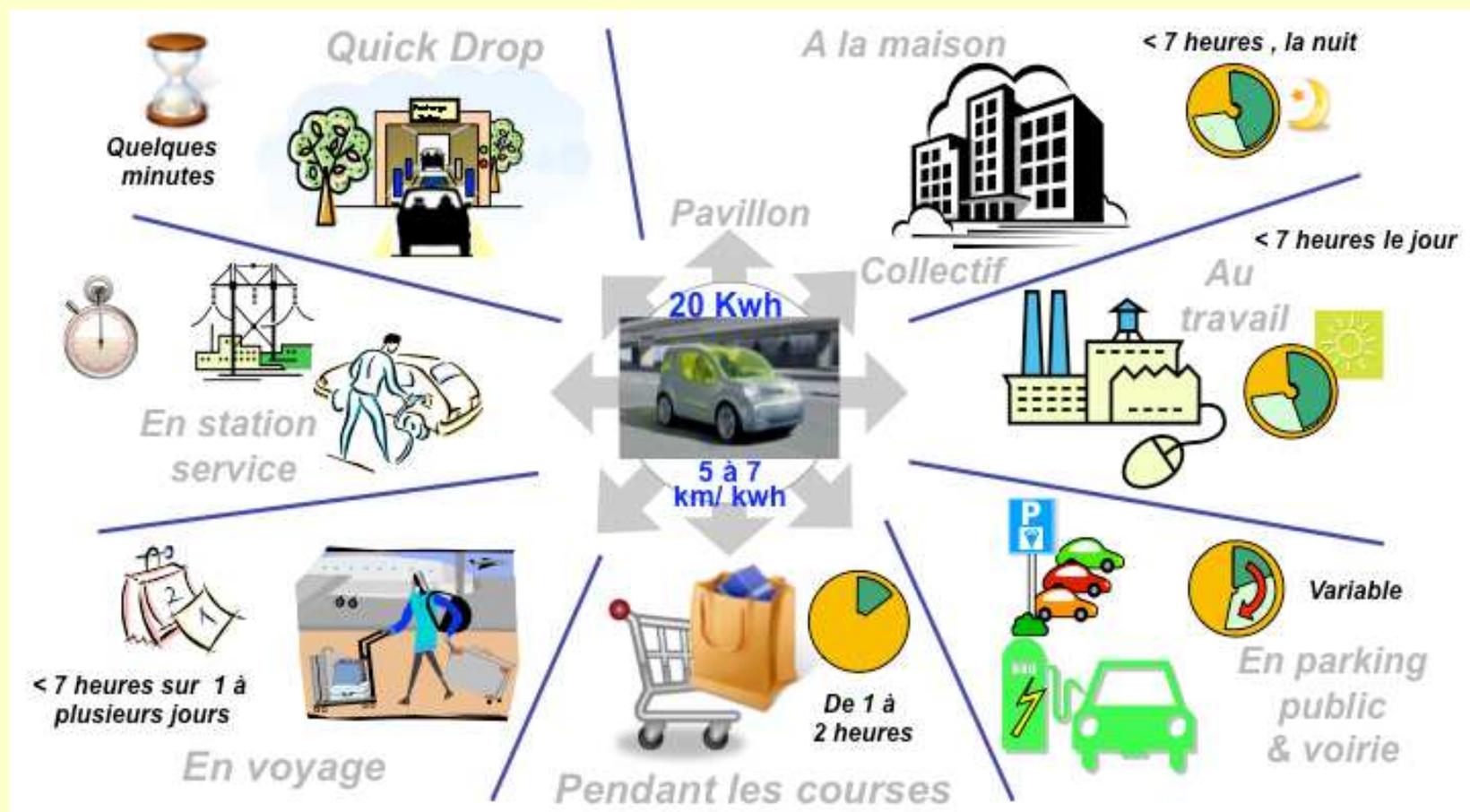
24. Voiture électrique : la batterie



EDF R&D LME - 29 avril 2011

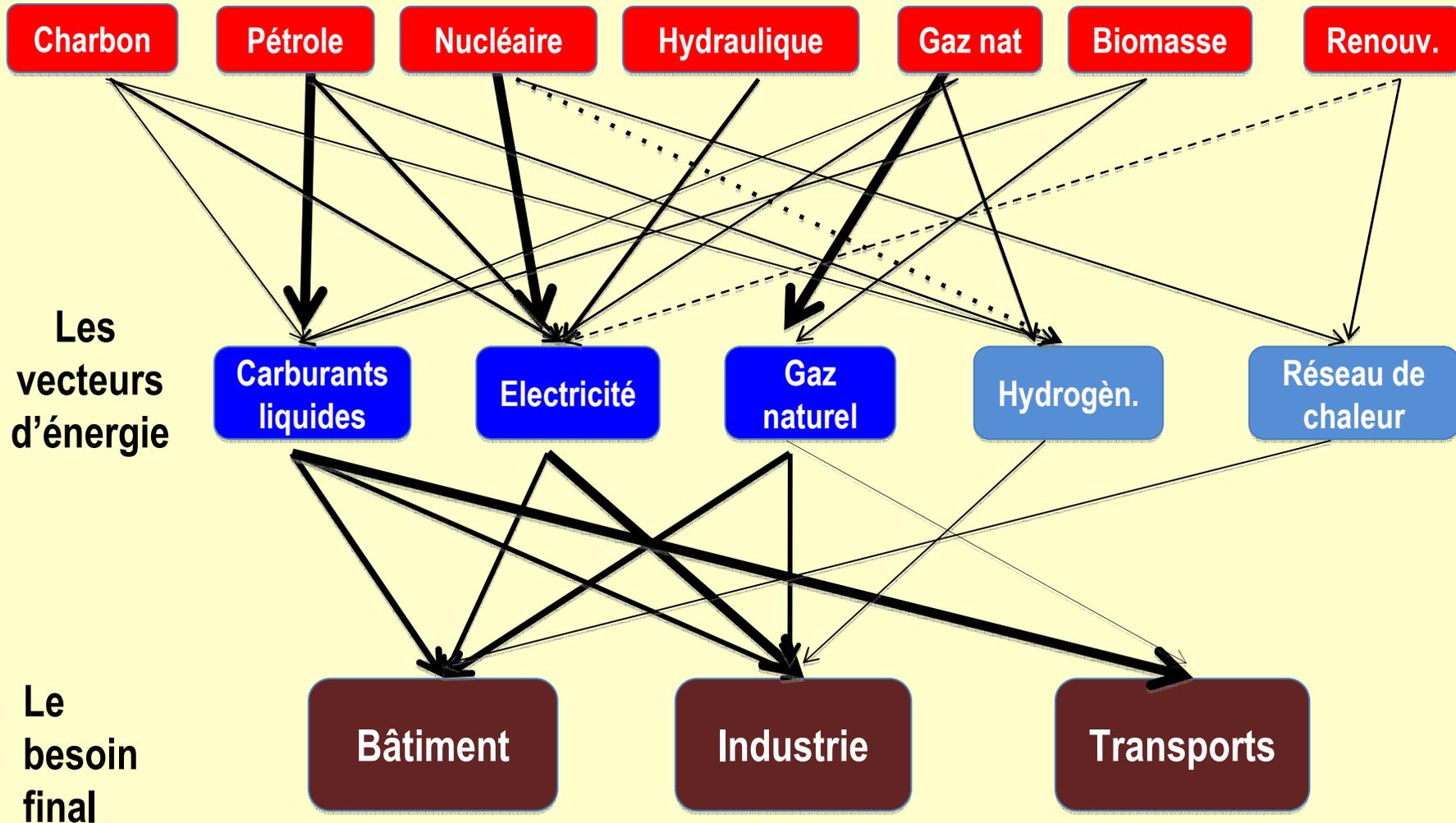
2. Choix technologiques :

24. Voiture électrique : la recharge



2. Choix technologiques :

25. Electricité : quelles énergies primaires ?



3. Bilans énergie et effet de serre

Quelles énergies primaires,

Quels rendements du puits à la roue...

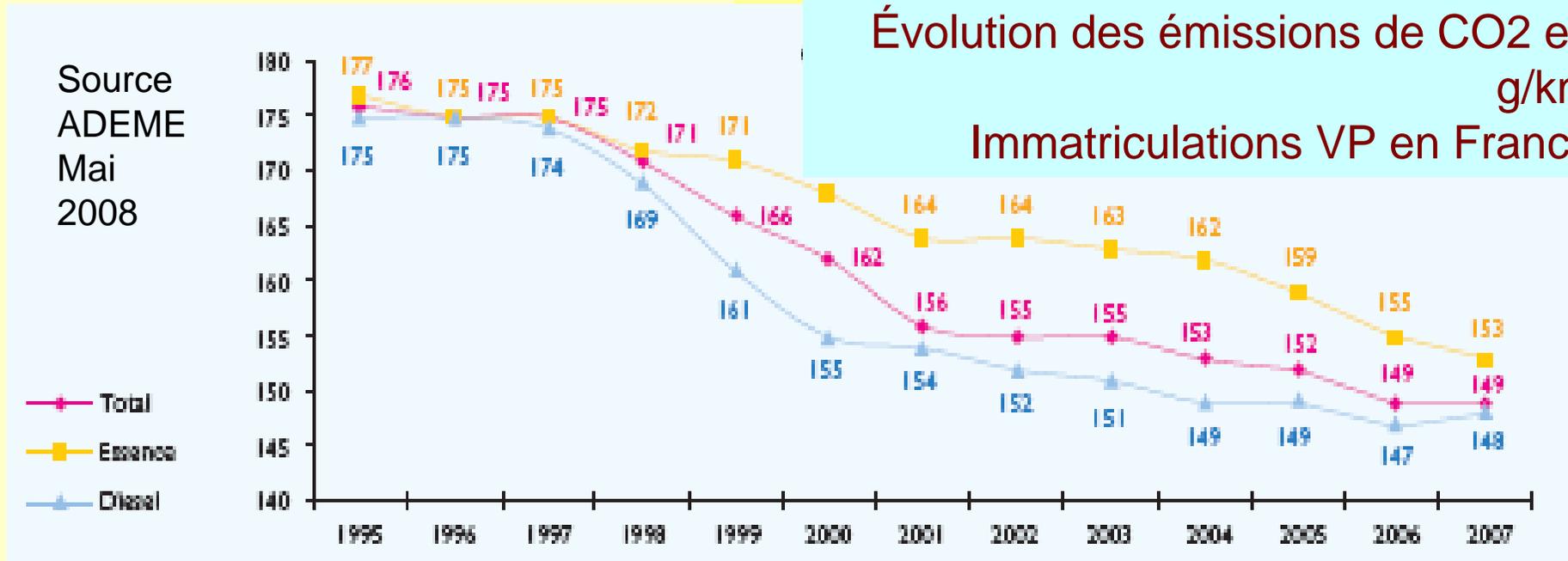
- **Conception du véhicule** : masse, vitesse, équipements...
- **Rendement du puits à la roue** :
 - production et transport
 - motorisation,
 - transmission...
- **Modes d'utilisation du véhicule** : trajets, conduite, vitesse...

3. Bilans énergie et effet de serre

31. L'évolution récente en France

CO2 g/km

Évolution des émissions de CO2 en g/km
Immatriculations VP en France



Le niveau moyen de CO2 émis par km décroît grâce à la révolution du diesel (- 12% de 1997 à 2000) et à la baisse en gamme des véhicules (récente)

3. Bilans énergie et effet de serre

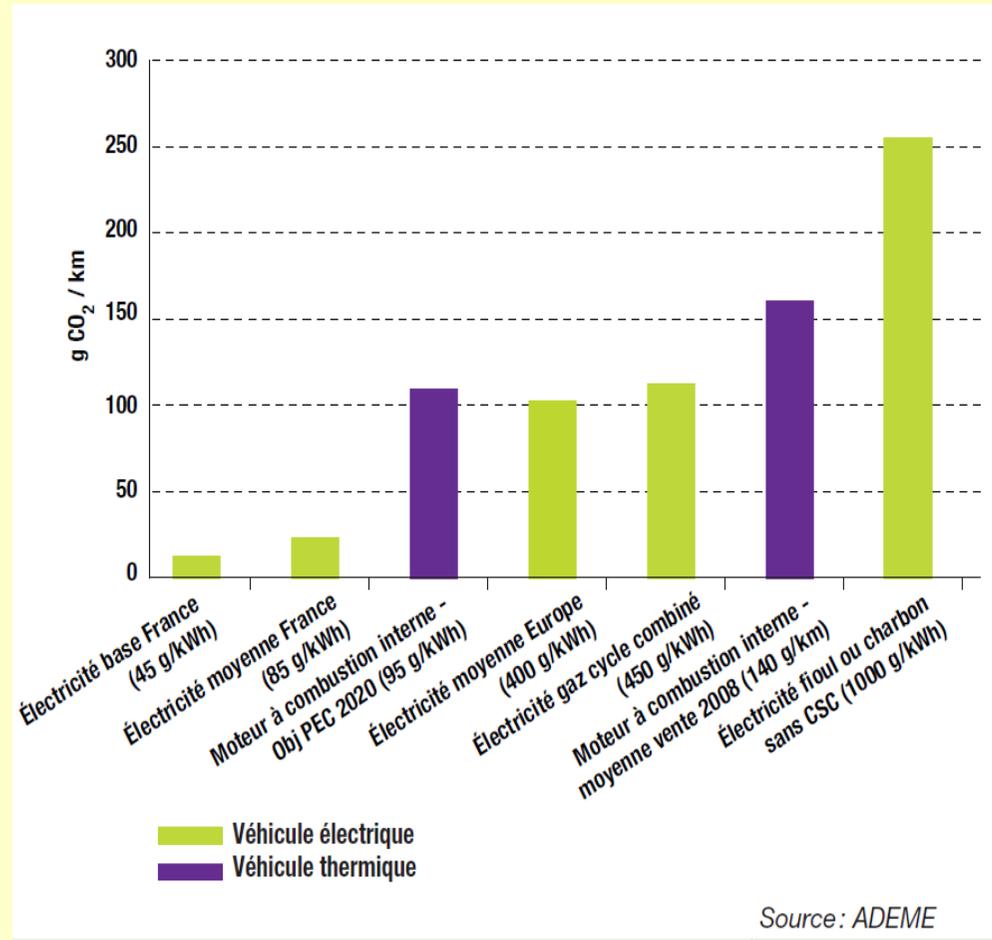
32. Masse et conditions d'usage des véhicules

- **Si, à performance et technologie identiques, on augmente la masse de 100 kg, la consommation urbaine augmente de 0,3 litre/100 km (*et 0,2 litre en routier*).**
- **Si, à masse égale et technologie identique, on augmente les performances de 10 km/h en vitesse maximale, la consommation urbaine augmente de 0,3 à 0,4 litre/100 km (*et 0,2 litre en routier*)**

3. Bilans énergie et effet de serre

33. Les chaînes thermiques et électriques

- Emissions de CO₂ « du puits à la roue » des véhicules thermiques et des véhicules électriques



Les points à retenir

- **Les tendances fortes :**
 - le développement des véhicules automobiles va se poursuivre,
 - les réserves de pétrole sont limitées, mais restent très importantes,
 - la consommation unitaire des véhicules peut atteindre moins de 90 g de CO₂ par km.
- **Un foisonnement de solutions techniques** liées à l'origine du carburant (mais problème du réseau de distribution) :
 - maintien des moteurs « classiques » jusqu'en 2040, avec essence, gazole issus du pétrole, part de carburant biomasse, essences de synthèse,
 - développement de véhicules hybrides thermique-électrique et tout électriques,
 - lancement de véhicules hybrides avec recharges sur le secteur, la batterie devenant de plus en plus importante pour le roulage,
 - véhicules à pile à combustible à partir de 2030, mais toujours en séries limitées

Quelques perspectives

- **à court terme (10 ans) :**
 - la poursuite des efforts sur l'amélioration du rendement des moteurs thermiques actuels (ID, suralimentation, VVA, CAI & HCCI,...)
 - une électrification légère progressivement introduite (stop & start)
- **à moyen terme (20 ans) :**
 - vers la diminution de la taille des moteurs (cylindrée et nombre de cylindres)
 - hybridation et électrification croissantes
- **une vision mondiale long terme ? (30 à 40 ans)**
 - des variations autour du tout électrique pour couvrir différents usages
 - des moteurs thermiques de plus en plus petits pour:
 - petits véhicules (ultra « low cost »),
 - véhicules hybrides rechargeables,
 - "range extender" (moteur thermique de recharge) de véhicules électriques